

**ANALISIS PENGUJIAN PEMUTUS TENAGA *BAY* KEDUNGOMBO 2
DALAM PEMELIHARAAN DUA TAHUNAN DI GARDU INDUK
PURWODADI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

AGUS PRAWIRA ALAM

D 400 150 100

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGUJIAN PEMUTUS TENAGA *BAY* KEDUNGOMBO 2 DALAM PEMELIHARAAN DUA TAHUNAN DI GARDU INDUK PURWODADI

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

AGUS PRAWIRA ALAM

D 400 150 100

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

acc 3/8-2019



Aris Budiman,ST,MT

NIK. 885

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS PENGUJIAN PEMUTUS TENAGA BAY KEDUNGOMBO 2 DALAM
PEMELIHARAAN DUA TAHUNAN DI GARDU INDUK PURWODADI

OLEH
AGUS PRAWIRA ALAM
D400 150 100

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 9 Agustus 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman, S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim asy'ari, S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Ir. Sri Sanaguno, M.T. Phd.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Agustus 2019

Penulis



AGUS PRAWIRA ALAM

D400150100

ANALISIS PENGUJIAN PEMUTUS TENAGA *BAY* KEDUNGOMBO 2 DALAM PEMELIHARAAN DUA TAHUNAN DI GARDU INDUK PURWODADI

Abstrak

Gardu induk merupakan bagian dari sistem transmisi tenaga listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Salah satu bagian peralatan listriknya adalah pemutus tenaga (PMT). Fungsi utama PMT adalah saklar mekanis yang mampu mengalirkan dan memutus arus beban dalam keadaan normal maupun dalam keadaan abnormal/gangguan sesuai dengan nilai ratingnya. Untuk tetap menjaga keandalan PMT perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala. Pemeliharaan PMT dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap tahanan isolasi, tahanan kontak, tahanan pentanahan dan uji keserempakan kontak PMT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemeliharaan PMT terhadap kelayakan PMT tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan data hasil pemeliharaan PMT dalam beberapa periode pemeliharaan terakhir. Penelitian ini dilakukan pada PMT *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi. Pada pemutus tenaga *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi memiliki nilai tahanan isolasi berbeda-beda. Nilai kemampuan isolasi *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi terkecil dalam 3 periode pemeliharaan terakhir adalah 2.900 M Ω /kV, nilai tersebut masih memenuhi standar yaitu ≥ 1 M Ω /kV. Nilai tahanan pentanahan PMT *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi terbesar dalam 3 periode pemeliharaan yaitu 0,11 Ω , nilai tersebut masih memenuhi standar yaitu ≤ 1 Ohm. Pada pengujian keserempakan kontak PMT nilainya berbeda-beda dalam setiap periode pemeliharaan, waktu kerja kontak masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu di bawah 120 mili detik. Pada tahun 2014 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 6,45 ms. Pada tahun 2016 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih banyak daripada *close* sebesar 2 ms. Pada tahun 2018 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 1 ms.

Kata Kunci : pemutus tenaga, pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, tahanan pentanahan, keserempakan kontak

Abstract

The substation is part of an electric power transmission system that functions to reduce voltage. One part of the electrical equipment is a power breaker (PMT). The main function of the PMT is a mechanical switch that is able to flow and break the load current under normal conditions and in abnormal / disturbances according to the rating value. To maintain the reliability of PMT periodically, maintenance needs to be done. PMT maintenance is carried out by testing isolation prisoners, contact prisoners, ground prisoners and PMT contact simultaneous test. This study aims to determine the effect of PMT maintenance on the eligibility of the PMT. This research was conducted by comparing data on the results of PMT maintenance in the last several maintenance periods. This research was conducted at PMT bay Kedungombo 2 at Purwodadi substation. The Kedungombo 2 bay power breaker at Purwodadi substation has different insulation resistance values. The value of Kedungombo 2 bay insulation capability in the Purwodadi substation in the last 3 maintenance periods is 2,900 M Ω / kV, this value still meets the standard of ≥ 1 M Ω / kV. The value of PMT Bay Kedungombo 2 earth resistance in the Purwodadi main substation in 3 maintenance periods is 0.11 Ω , the value still meets the standard ≤ 1 Ohm. In the simultaneous testing of PMT contacts, the values vary in each maintenance period, the contact working time is still within the allowable limit of under 120 milliseconds. In 2014 the difference in contact time when opening was less than close by 6.45 ms. In 2016 the difference in contact time when opening was more than close by 2 ms. In 2018 the difference in contact time when opening is less than close by 1 ms.

Keywords: power breakers, insulation resistance testing, contact resistance, earth resistance, contact synchronization

1. PENDAHULUAN

Instalasi sistem tenaga listrik di gardu induk mempunyai peralatan-peralatan sebagai pendukung kinerjanya. Untuk tetap menjaga kemampuan peralatan-peralatan tersebut, diperlukan pemeliharaan dalam waktu tertentu. Dalam pengoperasian sistem transmisi tenaga listrik salah satu hal terpenting yang harus diperhatikan merupakan pemeliharaan. Demi tetap terjaga keandalan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik diharuskan adanya pemeliharaan dalam waktu tertentu. Dengan adanya pemeliharaan berkala dapat membuat kebutuhan energi listrik ke konsumen tetap terjaga, selain itu harga peralatan sistem tenaga listrik yang mahal mendorong perlunya pemeliharaan secara berkala. Salah satu peralatan yang sering dilakukan pemeliharaan yaitu pemutus tenaga (PMT).

Pemutus tenaga (PMT) adalah saklar mekanis yang mampu mengalirkan dan memutus arus beban dalam keadaan normal maupun dalam keadaan abnormal/gangguan sesuai dengan nilai ratingnya. Pemutus tenaga merupakan saklar mekanis yang dirancang untuk melihat kondisi dan titik kerusakan pada gardu induk (Lal, 2013). PMT akan bekerja saat terjadi gangguan, PMT akan membuka (*open*) saat terjadi gangguan hubung singkat pada sistem transmisi di gardu induk (Kandhikar, 2013). Jika saat terjadi kerusakan dan PMT tidak bekerja maka bisa mengakibatkan adanya kerusakan pada peralatan lain. Karena itu PMT memiliki peralatan yang penting karena jika tidak bisa maka dapat mengganggu pelayanan terhadap masyarakat. Dengan demikian, diharapkan adanya perawatan rutin secara berkala peralatan listrik dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal, sehingga konsumen dapat terlayani dengan baik.

Pemeliharaan pemutus tenaga diperlukan karena pentingnya peralatan tersebut untuk memutus dan mengalirkan tenaga listrik serta untuk perlindungan terhadap peralatan lainnya. Terputusnya sistem transmisi tenaga listrik dan kerusakan peralatan dapat terjadi jika pemutus tenaga gagal beroperasi karena kurangnya pemeliharaan preventif (Sharma & Bharadwa, 2012). Pemeliharaan PMT dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap tahanan kontak, tahanan isolasi, tahanan pentanahan, dan keserempakan kontak.

Pengukuran tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui seberapa besar kebocoran arus (*leakage current*) yang terjadi antara bagian yang bertegangan terhadap tanah. Dengan adanya pengujian tahanan isolasi diharapkan nilai tahanan isolasi masih dalam batas nilai yang dianjurkan, sehingga tidak terjadi hubungan arus dengan terminal fasa lainnya yang disebabkan nilai tahanan isolasi yang terlalu rendah. Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi teknis yang disebabkan adanya titik-titik sambungan. Nilai tahanan kontak diharapkan sekecil mungkin agar rugi rugi daya yang diakibatkan oleh tahanan kontak dapat diminimalisir. Pengujian tahanan pentanahan dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan terminal terhadap tanah, semakin kecil nilainya maka akan semakin baik. Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka.

2. METODE

2.1. Rancangan Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis membuat rancangan penelitian dengan 3 tahapan sebagai berikut:

1). Study literatur

Study literatur merupakan proses pengumpulan kajian teoritis dari buku-buku, penelitian sebelumnya, serta jurnal-jurnal yang ada kaitannya dengan permasalahan yang akan dibahas yang digunakan sebagai pendukung teori untuk menyelesaikan penelitian “Analisis Pengujian Pemutus Tenaga *Bay* Kedungombo 2 dalam Pemeliharaan Dua Tahunan di Gardu Induk Purwodadi”.

2). Pengumpulan Data

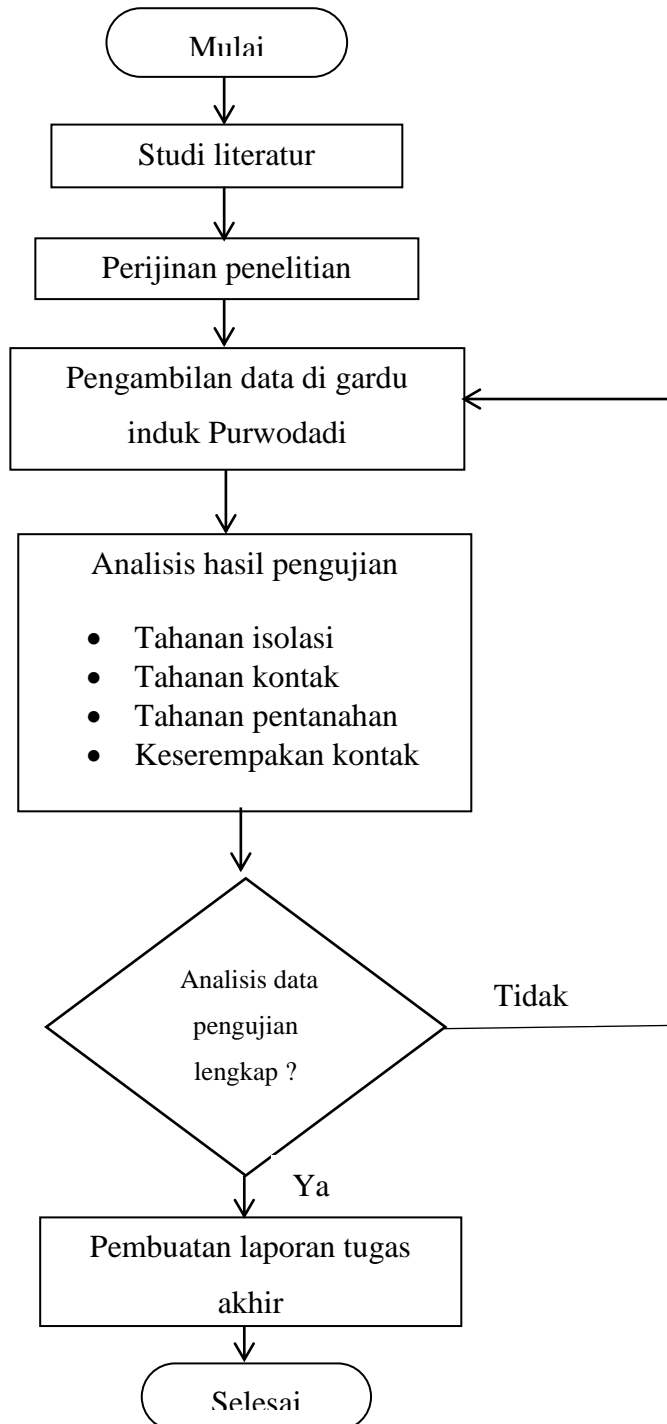
Penulis mengumpulkan data sebagai pendukung penelitian ini yang ada di PT. PLN (Persero) UIT-JBT UPT Semarang untuk data yang ada di gardu induk rayon Purwodadi. Data yang diperoleh dengan mengikuti prosedur yang ada di PT. PLN (Persero) UIT-JBT UPT Semarang, yaitu dengan mengirimkan proposal dan surat ijin pengambilan data dari pihak universitas. Setelah mendapat surat balasan kemudian dilakukan pengambilan data yang sesuai dengan permasalahan

yang akan dibahas. Selain itu penulis juga melakukan pengamatan langsung di gardu induk rayon Purwodadi dan juga mengumpulkan informasi tentang pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) kepada pegawai yang ada di gardu induk rayon Purwodadi. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain yaitu data pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) *bay* Kedungombo 2 selama 3 periode pemeliharaan terakhir, kemudian data arus yang mengalir pada PMT *bay* Kedungombo 2 dan data *nameplate* PMT yang terpasang di *bay* Kedungombo 2.

3). Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul semua. Data-data yang didapatkan akan dianalisis sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam menganalisis data yang didapatkan, semua perhitungan dilakukan secara manual tanpa menggunakan metode apapun.

2.2 Flowchart Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi merupakan proses pengukuran menggunakan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi pemutus tenaga pada bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap tanah maupun antara terminal atas dengan terminal bawah. Semakin besar nilai tahanan isolasinya maka akan semakin baik. Jika nilai tahanan isolasinya rendah ditakutkan akan adanya kegagalan isolasi pada pemutus tenaga. Proses pengukuran tahanan isolasi dilakukan sesuai prosedur yang sudah ada, yang pertama adalah pemasangan pentanahan lokal (*local grounding*) kemudian pembersihan permukaan *porcelain bushing* setelah itu baru dilakukan pengukuran tahanan isolasi dalam kondisi terbuka (*open*) dan kondisi tertutup (*close*). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur megger dengan tegangan uji 5 kV.

Tabel 1. Data hasil pengukuran tahanan isolasi

Tahun	Titik Ukur	R (M Ω)	S (M Ω)	T (M Ω)
2014	Atas – bawah (<i>off</i>)	35.000	200.000	200.000
	Atas – tanah (<i>off</i>)	200.000	200.000	200.000
	Bawah – tanah (<i>off</i>)	200.000	200.000	35.000
	Fasa – tanah (<i>on</i>)	200.000	200.000	200.000
2016	Atas – bawah (<i>off</i>)	200.000	200.000	200.000
	Atas – tanah (<i>off</i>)	200.000	200.000	200.000

2018	Bawah – tanah (off)	200.000	200.000	200.000
	Fasa – tanah (on)	100.000	200.000	200.000
	Atas – bawah (off)	54.000	>1.000.000	>1.000.000
	Atas – tanah (off)	39.700	16.000	14.500
	Bawah – tanah (off)	456.000	>1.000.000	1.000.000
	Fasa – tanah (on)	-	-	-

Batasan tahan isolasi pemutus tenaga (PMT) menurut VDE (catalogue 228/4) nilai minimum pada tahanan isolasi yaitu “1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm)”. Dengan artian 1 kV harus memiliki kemampuan mengisolasi tegangan sebesar 1 MΩ. Sebagai contoh hasil pengujian tahanan isolasi fasa – tanah di fasa R pada tahun 2016 adalah 100.000 MΩ dengan tegangan uji 5 kV, kemampuan isolasinya adalah $100.000 \text{ M}\Omega / 5 \text{ kV} = 20.000 \text{ M}\Omega/\text{kV}$. Nilai tersebut sudah memenuhi standard yang telah ditetapkan. Berikut adalah tabel hasil perhitungan kemampuan isolasinya.

Tabel 2. Hasil perhitungan kemampuan isolasi PMT

Tahun	Titik Ukur	R (MΩ/kV)	S (MΩ/kV)	T (MΩ/kV)
2014	Atas – bawah (off)	7.000	40.000	40.000
	Atas – tanah (off)	40.000	40.000	40.000
	Bawah – tanah (off)	40.000	40.000	7.000

2016	Fasa – tanah (on)	40.000	40.000	40.000
	Atas – bawah (off)	40.000	40.000	40.000
	Atas – tanah (off)	40.000	40.000	40.000
	Bawah – tanah (off)	40.000	40.000	40.000
	Fasa – tanah (on)	20.000	40.000	40.000
	Atas – bawah (off)	10.800	>1.000.000	>1.000.000
	Atas – tanah (off)	7.940	3.200	2.900
	Bawah – tanah (off)	91.200	>1.000.000	>1.000.000
	Fasa – tanah (on)	-	-	-

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa di setiap fasa memiliki nilai kemampuan mengisolasi yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi pada masing masing isolator. Jika pada isolator banyak kotoran yang menempel tentunya akan mengurangi kemampuan mengisolasinya. Pada fasa T kemampuan isolasinya relatif kecil dibandingkan fasa R dan fasa S, pada tahun 2018 kemampuan isolasi fasa T dalam posisi PMT menutup (*close*) adalah 2.900 MΩ/kV yang merupakan nilai terendah dalam 3 periode pemeliharaan terakhir. Pengukuran yang dilakukan dalam kondisi PMT menutup (*close*) rata rata

memiliki kemampuan isolasi yang lebih baik dibandingkan pada saat pengukuran dilakukan dalam posisi membuka (*open*). Secara keseluruhan dalam setiap periode pemeliharaan nilai kemampuan isolasi selalu mengalami perubahan nilai, hal tersebut membuktikan bahwa dengan adanya pemeliharaan secara berkala membuat kemampuan isolasi pemutus tenaga (PMT) tetap terjaga keandalannya sehingga adanya gangguan yang disebabkan kegagalan isolasi pada PMT dapat dihindari.

3.2 Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengetahui nilai resistansi pada pemutus tenaga (PMT) yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan yang menyebabkan timbulnya rugi-rugi daya. Semakin kecil nilai tahanan kontak maka akan semakin kecil rugi daya yang ditimbulkan. Berikut adalah tabel hasil pengujian tahanan kontak dalam beberapa periode pemeliharaan pada *bay* Kedungombo 2.

Tabel 3. Data hasil pengukuran tahanan kontak

Tahun	Titik Ukur	R ($\mu\Omega$)	S ($\mu\Omega$)	T ($\mu\Omega$)
2014	Atas – bawah	40	51	41
2016	Atas – bawah	28	26	28
2018	Atas – bawah	36	30	30

Sesuai dengan standar P3B O&M PMT/001.01, nilai maksimum tahanan kontak yang diijinkan adalah 50 $\mu\Omega$. Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai tahanan kontak dalam tiga periode pemeliharaan ada nilai tahanan kontak yang melebihi batas maksimum 50 $\mu\Omega$ yaitu pada tahun 2014 fasa S. Nilai tahanan kontak pada pemutus tenaga diusahakan sekecil mungkin, hal tersebut akan membuat rugi daya yang disebabkan oleh tahanan kontak akan lebih kecil juga. Apabila nilai tahanan kontak masih di bawah nilai standar yang diijinkan yaitu 50 $\mu\Omega$, maka perbaikan terhadap kontak pemutus tenaga (PMT) tidak perlu

dilakukan. Pengujian tahanan kontak sangat diperlukan agar dalam setiap periode pemeliharaan nilai tahanan kontaknya dapat diketahui, sehingga apabila nilainya tidak sesuai dengan standar yang diijinkan bisa dilakukan perbaikan terhadap kontak PMT. Perbaikan dilakukan dengan melakukan pengecekan secara menyeluruh terhadap kontak PMT kemudian dilakukan uji ulang. Apabila nilai tahanan kontak masih diatas standar yang diijinkan maka perlu dilakukan pengantian PMT baru.

3.3 Pengujian Tahanan Pentanahan

Titik netral peralatan dalam sistem tenaga listrik akan dihubungkan ke tanah pada sistem pentanahan yang ada di gardu induk. Sistem pentanahan yang ada di gardu induk Purwodadi dibuat dalam tanah dengan struktur berbentuk *mesh*. Nilai tahanan pentanahan di gardu induk sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Berikut adalah data hasil pengukuran tahanan pentanahan pemutus tenaga *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi.

Tabel 4. Data hasil pengukuran tahanan pentanahan

Tahun	Titik Ukur	R (Ω)	S (Ω)	T (Ω)
2014	Terminal pentanahan	0,01	0,01	0,01
2016	Terminal pentanahan	0,2	0,2	0,2
2018	Terminal pentanahan	0,10	0,10	0,11

Berdasarkan standar IEEE std 80: 2000 (*guide for safety in ac substation - grounding*), nilai pentanahan yang diijinkan pada sistem tenaga listrik di gardu induk adalah ≤ 1 Ohm. Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa dalam beberapa periode

pemeliharaan, nilai tahanan pentanahannya masih dalam batas yang diijinkan bahkan memiliki nilai tahanan pentanahan yang kecil. Dalam 3 periode pemeliharaan terakhir nilai tahanan pentanahannya ada yang berbeda antara fasa R, fasa S maupun fasa T yaitu pada tahun 2018 nilai fasa T berbeda dengan fasa R dan S. Hal tersebut bisa terjadi karena sistem pentanahan di gardu induk menggunakan sistem pentanahan berbentuk *mesh*. Pada sistem pentanahan jenis *mesh* semua konduktor pentanahan pada peralatan di gardu induk terhubung satu sama lain yang membuat perbedaan tegangan sistem pentanahan pada beberapa peralatan di gardu induk lebih merata. Apabila konduktor pentanahan dalam keadaan baik dan tidak ada sambungan yang terputus maka nilai tahanan pentanahannya akan lebih seimbang. Hal tersebut membuktikan bahwa sistem pentanahan yang ada di gardu induk Purwodadi berfungsi dengan baik. Sistem pentanahan yang tidak baik atau memiliki nilai di atas standar yang diijinkan akan membahayakan manusia yang berada di sekitarnya. Nilai tahanan pentanahan yang tinggi akan menyebabkan gradien tegangan di permukaan tanah juga tinggi. Hal tersebut dapat membuat arus gangguan mengalir ke tubuh manusia yang berada di sekitar titik pentanahan pada peralatan tersebut. Pengujian tahanan pentanahan pada peralatan harus dilakukan secara berkala agar peralatan dapat mengalirkan arus ke tanah apabila ada gangguan dan aman bagi manusia yang ada di sekitarnya.

3.4 Pengujian keserempakan kontak

Pengujian keserempakan kontak pemutus tenaga (PMT) dilakukan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan kontak saat membuka maupun menutup. Pemutus tenaga *bay* Gondangrejo 2 menggunakan tipe *single pole* dengan tujuan apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah PMT dapat trip satu fasa dan dapat *reclose* satu fasa. Saat terjadi gangguan pada penghantar fasa-fasa atau tiga fasa maka PMT harus trip tiga fasa secara serentak. Apabila PMT tidak dapat trip secara serentak akan menyebabkan gangguan pada sistem yang ada di gardu induk. Berikut adalah data

hasil pengujian keserempakan pemutus tenaga (PMT) bay Kedungombo 2 dalam beberapa 3 periode pemeliharaan.

Tabel 5. Data pengujian keserempakan kontak PMT

Tahun	Pengukuran	R (ms)	S (ms)	T (ms)
2014	<i>Close</i>	74,45	69,60	67,70
	<i>Open</i>	12,55	12,45	12,25
2016	<i>Close</i>	71	70	71
	<i>Open</i>	41	38	39
2018	<i>Close</i>	66	66	70
	<i>Open</i>	14	14	17

Berdasarkan standar SPLN No 52-1 1984 waktu maksimum membuka dan menutup kontak PMT untuk sistem 150 kV selama 120 mili detik. Didasarkan dari tabel 5 kinerja PMT pada tahun 2014, 2016 dan 2018 masih bagus karena masih sesuai standar yang ditetapkan. Waktu kerja kontak PMT pada saat *open* lebih cepat daripada waktu kerja PMT pada saat *close*. Kemudian untuk keserempakan kotak dapat dihitung dengan membandingkan selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan selisih waktu yang diijinkan adalah < 10 mili detik.

$$\Delta t = t_{\text{maks}} - t_{\text{min}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

Δt = Selisih waktu

t_{maks} = waktu tertinggi

t_{min} = waktu terendah

Berikut adalah hasil perhitungan keserempakan kontak PMT.

Tahun 2014

$$\Delta t_{\text{close}} = 74,45 \text{ ms} - 67,70 \text{ ms} = 6,75 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{\text{open}} = 12,55 \text{ ms} - 12,25 \text{ ms} = 0,3 \text{ ms}$$

Tahun 2016

$$\Delta t_{close} = 71 \text{ ms} - 70 \text{ ms} = 1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 41 \text{ ms} - 38 \text{ ms} = 3 \text{ ms}$$

Tahun 2018

$$\Delta t_{close} = 70 \text{ ms} - 66 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{open} = 17 \text{ ms} - 14 \text{ ms} = 3 \text{ ms}$$

Dilihat dari perhitungan diatas pada tahun 2014 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 6,45 ms. Pada tahun 2016 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih banyak daripada *close* sebesar 2 ms. Pada tahun 2018 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 1 ms. Hal tersebut tentunya harus dilakukan perawatan yang dilakukan secara terus-menerus agar tetap terjaga dengan baik keserampakan PMT. Jika terdapat nilai yang tidak memenuhi standard yang ditentukan, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan, diantaranya adalah pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, pemeriksaan *auxillary contact*/kontaktor, penggantian *part* mekanik yang rusak, pemeriksaan roda penggerak dan perbaikan mekanik penggerak. Perbedaan selisih waktu yang terlalu lama akan mengakibatkan adanya lonjakan arus maupun tegangan pada fasa lainnya yang akan menyebabkan rusaknya peralatan lain yang terhubung pada PMT tersebut. Pemeliharaan secara berkala dengan melakukan pengujian keserempakan kontak PMT sangat diperlukan agar PMT dapat bekerja secara serempak dan dalam waktu yang cepat, sehingga kerusakan peralatan yang disebabkan tidak serempaknya PMT saat menutup (*close*) maupun membuka (*open*) dapat diminimlaiser.

4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan dan analisis terhadap data yang diperoleh mengenai analisis pengujian pemutus tenaga *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Secara keseluruhan pemutus tenaga (PMT) *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi masih bagus digunakan dan dapat bekerja dengan baik.
- 2). Pada pemutus tenaga *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi memiliki nilai tahanan isolasi berbeda-beda.
- 3). Nilai kemampuan isolasi *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi terkecil dalam 3 periode pemeliharaan terakhir adalah 2.900 M Ω /kV, nilai tersebut masih memenuhi standar yaitu ≥ 1 M Ω /kV.
- 4). Nilai tahanan pentanahan PMT *bay* Kedungombo 2 di gardu induk Purwodadi terbesar dalam 3 periode pemeliharaan yaitu 0,11 Ω , nilai tersebut masih memenuhi standar yaitu ≤ 1 Ohm.
- 5). Pada pengujian keserempakan kontak PMT nilainya berbeda-beda dalam setiap periode pemeliharaan, waktu kerja kontak masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu di bawah 120 mili detik.
- 6). Pada tahun 2014 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 6,45 ms. Pada tahun 2016 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih banyak daripada *close* sebesar 2 ms. Pada tahun 2018 selisih waktu keserempakan kontak pada saat *open* lebih sedikit daripada *close* sebesar 1 ms.

PERSANTUNAN

Dalam penyusunan laporan penelitian ini tentu tidak terlepas dari dukungan dari beberapa pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- 1). Allah SWT atas segala nikmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
- 2). Nabi Muhammad SAW atas segala ilmu yang telah beliau ajarkan kepada umatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
- 3). Bapak dan ibu atas doa dan pengorbanan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan lancar.
- 4). Bapak Aris Budiman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan arahan dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik.
- 5). Semua dosen jurusan teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta atas segala ilmu yang telah diberikan sehingga memudahkan penulis menyelesaikan laporan penelitian ini.
- 6). Seluruh teman-teman KMTE (keluarga mahasiswa teknik elektro) 2015 yang selalu mendukung penulis dalam proses pembelajaran selama ini.
- 7). Seluruh teman-teman FTE Hik Babe yang selalu mendukung proses perkuliahan selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

- IEEE C37.10-1995, *Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breaker*, 1995.
- Bobdey D S, A A Bhole, 2014, *Dynamic Contact Resistance Measurement on HV Circuit Breaker*, International Journal of Engineering Research and Technology (IJRET) Volume 3
- D Ingle Amrapali, Warsha Kandtikar, 2017, *Electronic Circuit Breaker*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume 04
- Saravanan, Amer Nasr A. Elghaffar, yehlasayedm. Ali, Adel A.Elbaset Mohamed, 2015, *The Optimum Test for High Voltage SF₆ Circuit Breaker in the New Substation Before Energize with the National Grid*, International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research, Volume 3, ISSN 2347-4289
- Sethi Harshita, Shivani Ashra, Sukriti Lal, 2013, *A Case Study Hybrid Circuit Breaker*, The International Journal of Engineering and Science Volume 2 Page 37-40
- Sharma Snigdha, Hemant Bharadwaj, 2012, *How To Maintain SF₆ Circuit Breaker*, International Journal of Scientific Research Engineering and Technology (IJSRET) Volume 1, ISSN 2278-0882
- SKDIR 114.K/DIR/2010,2010, *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga* No dokumen : 7-22/ HARLUR-PST/2009, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia

